

501,310

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



12 JUL 2004



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Juli 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/058820 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H03M 1/00**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/13702**

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WOYZICHOVSKI,
Roman [DE/DE]; Am Wiesenbach 2, 07751 Kunitz (DE).**

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Dezember 2002 (04.12.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

Veröffentlicht:

(30) Angaben zur Priorität:
102 01 249.0 11. Januar 2002 (11.01.2002) **DE**
102 08 915.9 27. Februar 2002 (27.02.2002) **DE**

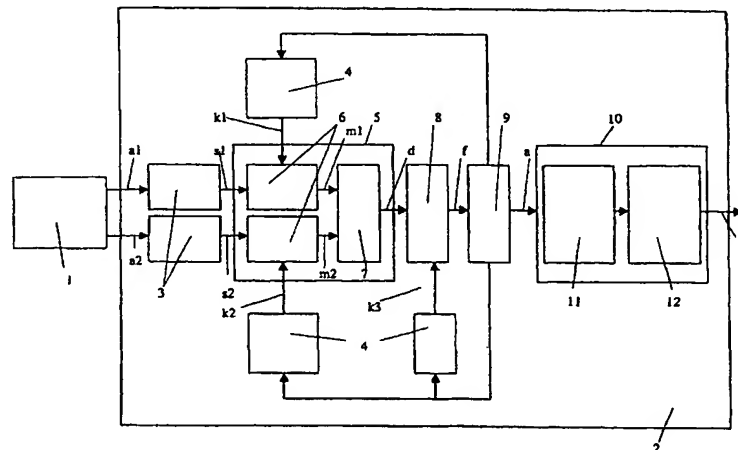
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH**
[DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.*

(54) Title: **METHOD FOR INTERPOLATING AT LEAST TWO POSITION-DEPENDENT, PERIODIC ANALOG SIGNALS
THAT ARE DEPHASED RELATIVE EACH OTHER**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR INTERPOLATION MINDESTENS ZWEIER POSITIONSABHÄNGIGER, PERIODI-
SCHER, ZUEINANDER PHASENVERSCHOBENER ANALOGSIGNALLE**



(57) Abstract: The invention relates to a method for interpolating, for the purpose of hodometry and/or goniometry, at least two position-dependent, periodic analog signals that are dephased relative to each other and that are generated by scanning a measuring scale. According to the inventive method, the analog signals are converted to a digital data stream by means of a sigma-delta modulator, the data streams are interlinked with correctional factors and then with each other to generate a string of results and said string of results is used to generate new correctional values by means of a quality criterion to be fulfilled for interpolation and to also generate the output signals of interpolation. The values (d) of the string of results are accumulated over a defined time interval in order to generate the correctional values (k1, k2) and the output signals (w). The signal sequence generated by accumulation is used directly as the address sequence for generating the correctional values (k1, k2) and the output signal (b).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/058820 A2



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer, zueinander phasenverschobener Analogsignale, die durch Abtastung einer Messteilung erzeugt werden, zur Weg- und/oder Winkelmessung, bei dem die Analogsignale jeweils mittels eines Sigma-Delta-Modulators in einen digitalen Datenstrom umgewandelt werden, die Datenströme zur Erzeugung einer Ergebnisfolge mit Korrekturfaktoren sowie anschliessend miteinander verknüpft werden und aus der Ergebnisfolge einerseits anhand eines bei der Interpolation zu erfüllenden Gütekriteriums neue Korrekturwerte und andererseits die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt werden. Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass die Werte (d) der Ergebnisfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte (k1, k2) sowie der Ausgangssignale (w) über ein vorgebbares Zeitintervall akkumuliert werden und dass die durch Akkumulation erzeugte Signalfolge unmittelbar als Adressfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte (k1, k2) und des Ausgangssignales (b) verwendet wird.

Verfahren zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer, zueinander phasenverschobener Analogsignale

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer und zueinander phasenverschobener Analogsignale nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren dient dazu, Analogsignale, die durch Abtastung einer Meßteilung erzeugt werden, zur Positionsmessung, d.h. insbesondere zur Weg- und/oder Winkelmessung, zu interpolieren. Hierbei werden die Analogsignale

mittels eines Sigma-Delta-Modulators jeweils in einen digitalen Datenstrom umgewandelt; die mindestens zwei Datenströme dann zur Erzeugung einer (einzelnen) Ergebnisfolge zunächst mit Korrekturfaktoren sowie anschließend miteinander verknüpft; und aus der Ergebnisfolge einerseits anhand eines (durch die Werte der Ergebnisfolge) zu erfüllenden Gütekriteriums neue Korrekturwerte und andererseits die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt.

Die mindestens zwei Analogsignale sind insbesondere um 90° zueinander phasenverschoben und im wesentlichen sinusförmig, wobei Letzteres auch durch Phasenverschiebung aus der Sinusfunktion erzeugte Analogsignale, wie z. B. Kosinussignale, umfaßt.

Ein solches Verfahren ist aus der DE 199 38 802 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird die Ergebnisfolge einem digitalen Filter zugeführt, der bestimmte Informationen der Eingangssignale restauriert, und anschließend in Abhängigkeit von dem Ausgangswert des Filters einen Phasenzähler inkrementiert oder dekrementiert. Der hierdurch erzeugte Phasenwert wird einerseits (bis zur Erfüllung des Gütekriteriums) zur Bestimmung neuer Korrekturwerte und andererseits zur Bestimmung des Ausgangssignales der Interpolation verwendet. Zur Erfüllung des Gütekriteriums erzeugt die Ergebnisfolge bei gleichzeitiger Dezimation in einem Filter eine Signalfolge, die nach Vergleich mit dem Gütekriterium die Korrekturwerte so steuert, daß die Ergebnisfolge sich diesem Gütekriterium nähert und zum anderen eine Adressfolge gebildet wird, aus der nach Tiefpaßfilterung und Zuordnung die Ausgangssignale erzeugt werden.

Aus der DE 195 02 276 A1 ist ein Interpolationsverfahren zum Interpolieren mindestens zweier durch Abtastung eines Teilungsträgers gewonnener, positionsabhängiger, periodischer und um 90° zueinander phasenverschobener sinusähnlicher Analogsignale zum Messen von Wegen und/oder Winkeln bekannt, bei dem den Analogsignalen jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation ein Rauschen überlagert wird, bei dem aus den so entstandenen Datenfolgen unter gleichzeitiger erster unvollständiger Tiefpaßfilterung der Rauschanteile oberhalb der maximalen Eingangsfrequenz der Analogsignale Signalfolgen erzeugt werden und bei dem aus den Signalfolgen eine Folge von Winkelwerten gewonnen wird, der nach zweiter Tiefpaßfilterung des noch vorhandenen Rauschanteiles oberhalb der maximalen Eingangsfrequenz der Analogsignale eine Folge von Ausgangswerten zugeordnet wird.

Aus der DE 195 06 276 A1 ist ein Verfahren zur Interpolation von Sensorsignalen bekannt, bei dem je ein Sinus- und ein Kosinussignal eines Sensors einer Brückenschaltung mit mehreren Abgriffspunkten zugeführt wird und ein Wertevergleich zwischen einem Abgriffspaar, bestehend aus zwei Abgriffen, die in der Brückenschaltung diametral gegenüberliegen, durchgeführt wird. Bei Feststellung einer Wertegleichheit zwischen dem Abgriffspaar, die einem Nulldurchgang des Abtastwertes entspricht, wird ein die Stellung des entsprechenden Abgriffspaares repräsentierendes Signal ausgegeben. Dabei werden die Abgriffspaare in einer Richtung nacheinander abgetastet, nacheinander dem Wertevergleich unterzogen und jedem Abtastereignis ein Zählwert zugeordnet. Entsprechend dem Ergebnis des Vergleichs wird ein Phasenzähler inkrementiert oder dekrementiert.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Interpolationsverfahren der eingangs genannten Art weiter zu verbessern.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Schaffung eines Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Danach werden die Werte der Ergebnisfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte sowie der Ausgangssignale über ein vorgebbares Zeitintervall akkumuliert und die durch Akkumulation erzeugte Signalfolge unmittelbar als Adressfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte und des Ausgangssignales verwendet.

Zur Bildung einer Adressfolge wird also gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht einfach ein Phasenzähler inkrementiert oder dekrementiert, sondern vielmehr durch Akkumulation ein Phasenwert mit fraktionalem Anteil erzeugt. Hierdurch werden eine genauere Phasennachführung, eine geringere Verstärkung der zur Erfüllung des Gütekriteriums verwendeten Regelschleife und somit eine verbesserte Dynamik des Gesamtsystems erreicht. Bei der Akkumulation über ein vorgegebenes Zeitintervall (Dezimation des Datenstromes) wird das Zeitintervall so gewählt, daß sich aus den akkumulierten Werten der Ergebnisfolge gerade die Phase der Analogsignale bestimmen läßt.

Die Akkumulation der Werte der Ergebnisfolge erfolgt vorzugsweise in einem Filter, und zwar insbesondere in einem Filter in Form eines Integrierers.

Die Adresswerte der durch Akkumulation gebildeten Adressfolge repräsentieren jeweils die Phaseninformation der eingangsseitigen Analogsignale und sind linear abhängig von der Phase mindestens eines der periodischen Analogsignale, wenn das Gütekriterium erfüllt ist. Das heißt, wenn die Erzeugung der Ausgangssignale soweit fortgeschritten ist, daß sich die Ergebnisfolge bzw. die hieraus erzeugte Adressfolge einem vorgegebenen Gütekriterium nähern, dann besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den Adresswerten und der Phase der eingangsseitigen Analogsignale.

Aus der Adressfolge können schließlich durch Tiefpaßfilterung und anschließende Zuordnung der Adresswerte die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt werden.

Gemäß der Erfindung repräsentieren die Adresswerte der Adressfolge einen Phasenwert mit fraktionalem Anteil, wobei zur Erzeugung der Korrekturwerte der hochwertige Teil der Adressfolge verwendet wird, der einem inkrementalen Anteil der Adressfolge entspricht, und zur Erzeugung der Ausgangssignale der Interpolation der hochwertige und der niederwertige Teil der Adressfolge verwendet werden. Letzterer entspricht dem fraktionalen Anteil der Adressfolge.

Der höherwertige Teil der Adressfolge ist so definiert, daß die Adresstiefe der Korrekturwerte die gewünschte Interpolation gewährleistet. Wenn z.B. die Periode eines sinusartigen eingangsseitigen Signales für die gewünschte Interpolation 32-fach unterteilt werden soll, dann muss der höherwertige Teil der Adressfolge eine Breite von 5 bit aufweisen. Der verbleibende, niederwertige Teil der Adressfolge bestimmt den fraktionalen Anteil eines Phaseninkrementes.

Insgesamt erfolgt die Bestimmung der Ausgangssignale der Interpolation rekursiv mittels einer Regelschleife, indem anhand des Gütekriteriums so lange neue Korrekturwerte erzeugt und mit den aus den eingangsseitigen Analogsignalen erzeugten digitalen Datenströmen verknüpft werden, bis das Gütekriterium erfüllt ist.

Die möglichen Korrekturwerte, bei denen es sich insbesondere um Werte trigonometrischer Funktionen (Sinus- und/oder Kosinusfunktionen) handeln kann, können als vorgegebene Werte in einer Zuordnungseinheit abgelegt sein. Aus den in der Zuordnungseinheit abgelegten Werten werden die jeweils mit den einzelnen Daten der digitalen Datenströme zu verknüpfenden Korrekturwerte anhand des Gütekriteriums in Abhängigkeit von den aktuellen Adresswerten der Adressfolge ausgewählt. Das Gütekriterium kann dabei wahlweise unmittelbar auf die Werte der Ergebnisfolge angewandt werden, indem dem zur Erzeugung der Adressfolge dienenden Filter (Integrierer) eine entsprechende Verknüpfungseinheit vorgeschaltet ist, oder diese Verknüpfungseinheit wird mit dem Filter (Integrierer) zu einer Einheit zusammengefaßt.

Zur Erzeugung der Ergebnisfolge werden die einzelnen Daten der aus den eingangsseitigen Analogsignalen erzeugten digitalen Datenströme jeweils multiplikativ mit einem Korrekturfaktor und anschließend die Daten unterschiedlicher Datenströme durch Addition oder Subtraktion miteinander verknüpft.

Der Sigma-Delta-Modulator ist vorzugsweise derart ausgelegt, daß die einzelnen Daten der hiermit erzeugten digitalen Datenströme jeweils eine Wortbreite von nur einem Bit aufweisen.

Bei exakter Phasenlage und sinusförmigem Verlauf der eingangsseitigen Analogsignale werden die Werte d der Ergebnisfolge gebildet nach der Formel $d = s_1 \cdot k_1 \pm s_2 \cdot k_2$, wobei s_1 , s_2 Daten der mittels der Sigma-Delta-Modulation erzeugten digitalen Datenströme und k_1 , k_2 zugeordnete Korrekturfaktoren sind. Die durch Akkumulation der Werte d der Ergebnisfolge erzeugte Adressfolge beeinflußt dabei die Korrekturwerte derart, daß ein linearer Zusammenhang zur Winkelinformation der eingangsseitigen Analogsignale hergestellt ist.

Wenn es sich bei den Daten der durch die Sigma-Delta-Modulation erzeugten Datenströme um Daten mit einer Wortbreite von einem Bit handelt, dann ergibt die Multiplikation $s_1 \cdot k_1$ bzw. $s_2 \cdot k_2$ die Werte k_1 bei $s_1 = 1$ und $-k_1$ bei $s_1 = 0$ bzw. k_2 bei $s_2 = 1$ und $-k_2$ bei $s_2 = 0$. Bei hinreichender Wortbreite der Korrekturwerte k_1 , k_2 kann die Negation vereinfacht durch das Einser-Komplement erfolgen.

Da sich bei einer Wortbreite von einem Bit für die Daten der digitalen Datenströme als Ergebnis der vorstehend erläuterten Verknüpfung zur Erzeugung der Werte d der Ergebnisfolge genau vier Fälle unterscheiden lassen, kann die besagte Verknüpfung (arithmetische Operation) $s_1 \cdot k_1 \pm s_2 \cdot k_2$ zusammengefaßt werden. Die vier Fälle lassen sich arithmetisch als Summe $k_1 + k_2$ der Korrekturwerte, Differenz $k_1 - k_2$ der Korrekturwerte sowie deren Negierte dar-

stellen. Werden diese Differenzen und Summen als Korrekturwerte abgelegt, so reduziert sich der Aufwand für die arithmetischen Operationen weiter.

Eine digitale Interpolationseinrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 20 charakterisiert.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figur deutlich werden.

Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Interpolationseinrichtung und des zugehörigen Interpolationsverfahrens zur Anwendung bei Positionsgebern zum Messen von Wegen und/oder Winkeln mittels eines Blockschaltbildes.

Ausgangspunkt des in Fig. 1 dargestellten Blockschaltbildes sind mindestens zwei in einem Positionsgeber 1 eines Meßsystems durch Abtastung gewonnene, positionsabhängige, periodische, zueinander um 90° phasenverschobene, sinusähnliche Analogsignale a_1 und a_2 , die zum Messen von Wegen und/oder Winkeln verwendet sollen. Sie werden jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation in einem Sigma-Delta-Modulator 3 in digitale Datenströme s_1 , s_2 (Wortfolgen) hoher Frequenz und geringer Wortbreite gewandelt, bei denen in der zeitlichen Verteilung der Daten Amplitudeninformation enthalten ist. Die beiden Datenströme s_1 , s_2 mit m -Bit breiten Daten entstehen demnach aus den Analogsignalen a_1 und a_2 jeweils

durch Überlagerung mit einem Rauschsignal. Dieses Rauschsignal resultiert aus dem Quantisierungsrauschen der Sigma-Delta-Modulation.

Die Daten der digitalen Datenströme s_1 , s_2 werden in einer Multiplikationseinheit 6 einer Arithmetikeinheit 5 jeweils multipliziert mit Korrekturwerten k_1 , k_2 aus einer Zuordnungseinheit 4, in der eine vorgebbare Anzahl möglicher Korrekturwerte abgelegt ist. Aus den beiden durch Multiplikation der Daten mit den Korrekturwerten k_1 , k_2 gebildeten neuen Folgen m_1 , m_2 wird eine einzelne Ergebnisfolge d durch Addition bzw. Subtraktion der Worte jener Folgen m_1 , m_2 in einer Additions-/Subtraktionseinheit 7 der Arithmetikeinheit 5 gebildet.

Die Werte der Ergebnisfolge d werden nach Verknüpfung mit einem Gütekriterium k_3 aus der Zuordnungseinheit 4 in der Verknüpfungseinheit 8 einem Filter in Form einer Integriereinheit 9 zugeführt, in der sie zur Bildung einer Adressfolge a über einen vorgebbaren Zeitraum akkumuliert werden. Ein Teil (nämlich der höherwertige Teil) des in der Integriereinheit 9 akkumulierten Wertes wird wiederum verknüpft mit einem Wert aus der Zuordnungseinheit 4 und das Verknüpfungsergebnis dient unmittelbar der Adressierung zur Auswahl neuer Korrekturwerte k_1 , k_2 aus der Zuordnungseinheit 4 für die Multiplikation mit den Daten der Sigma-Delta-Modulation. Alternativ kann die Verknüpfungseinheit 8 auch hinter dem Filter 9 angeordnet werden, wobei dann die Adressierung der Korrekturwerte in der Zuordnungseinheit 4 aus einem Teil des Ausgabewertes der nachgeordneten Einheit 8 erfolgt.

Falls das Gütekriterium ungleich Null ist, also die eingangsseitigen Analogsignale nicht sinus- bzw. cosinus-förmig sind, dann wird das Gütekriterium k_3 in entsprechender Weise ermittelt wie vorstehend anhand der Korrekturwerte k_1 , k_2 beschrieben.

Im abgeglichenen Zustand pendeln die Adressen der Adressfolge a zwischen diskreten Werten, die die beste Annäherung an den exakten Phasensollwert der Eingangssignale darstellen. Mit abschließender weiterer Filterung und Zuordnung in einer Auswerteschaltung 10, die einen digitalen Tiefpaßfilter 11 und eine Zuordnungseinheit 12 umfaßt, wird das Ausgangssignal w der Interpolation gebildet.

Die Ausgabe des Ausgangssignales w erfolgt in Abhängigkeit von der Zuordnungseinheit in Form zweier zueinander um 90° phasenverschobener Rechtecksignale oder in einer beliebig anderen Form (binär, Graycode, ...).

Ähnlich wie bei Netzwerkinterpolatoren wird die Phaseninformation während der Wandlung gewonnen und es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Änderung des Winkelwertes der eingangsseitigen Analogsignale a_1 oder a_2 und der Änderung des Ausgangswertes w .

Zur Realisierung des vorbeschriebenen Verfahrens wird eine digitale Interpolationseinrichtung verwendet.

Eingangssignale der Interpolationseinrichtung bilden zwei zueinander um 90° phasenverschobene, sinusähnliche Analogsignale a_1 und a_2 , beispielsweise aus an sich bekannten inkrementellen Positionsgebern. Aus den beiden Analogsignalen a_1

und a_2 wird in der erfindungsgemäßen Interpolationseinrichtung 2 der Ausgangswert w mit der sich aus dem geforderten Interpolationsgrad ergebenden Auflösung gewonnen.

Zunächst werden die beiden Analogsignale a_1 und a_2 je einem Sigma-Delta-Modulator 3 zugeführt. Die Ausgangssignale der Sigma-Delta-Modulatoren 3, zwei digitale Datenströme s_1 , s_2 mit Daten geringer Breite (z.B. 1-Bit breite Worte), werden in der Multiplikationseinheit 6 der Arithmetikeinheit 5 multipliziert mit je einem Korrekturwert k_1 , k_2 der Zuordnungseinheit 4 und nach Addition bzw. Subtraktion der Folgen voneinander in der Additions-/Subtraktionseinheit 7 der Arithmetikeinheit 5 werden die Werte der Ergebnisfolge d dem Integrierer 9 zugeführt, dessen Ausgangssignal eine Adressfolge a aus Adresswerten ist.

Ein Teil der Adressfolge a wird außerdem verknüpft mit einem Wert aus der Zuordnungseinheit 4. Das Ergebnis der Verknüpfung bestimmt die Auswahl von Korrekturwerten aus der Zuordnungseinheit 4 derart, daß ein Gütekriterium k_3 erreicht wird.

Die Adresswerte der Adressfolge a repräsentieren die gesuchte Phaseninformation beaufschlagt mit geringem Restrauschen. Anschließende Filterung der Adresswerte und Zuordnung bildet den interpolierten Ausgangswert w .

Die möglichen Korrekturwerte k_1 , k_2 , die in Abhängigkeit von dem aktuellen Adresswert ausgewählt werden, können in der Zuordnungseinheit 4 z.B. in Form einer Tabelle abgelegt sein. Handelt es sich bei den möglichen Korrekturwerten k_1 , k_2 z.B. um Werte je einer trigonometrischen Funktion, so bedeutet dies, daß für eine bestimmte Anzahl an Punkten

(z.B. für 16 Punkte) aus dem Wertebereich der entsprechenden trigonometrischen Funktion (z.B. einer sin- oder cos-Funktion) der jeweils zugehörige Funktionswert aus dem Wertebereich der trigonometrischen Funktion als ein möglicher Korrekturwert in der genannten Tabelle abgelegt wird.

Hierzu ein konkretes Beispiel: Werden die möglichen Werte des einen Korrekturwertes k_1 als Funktionswerte einer cos-Funktion bestimmt, so wird demgemäß für 16 Punkte aus dem Definitionsbereich ($0^\circ - 360^\circ$) der cos-Funktion der jeweils zugehörige Funktionswert (z.B. der Funktionswert $\cos 0^\circ = 1$ für den Wert 0° des Definitionsbereiches, der Funktionswert $\cos 22,5^\circ$ für den Wert $22,5^\circ$ des Definitionsbereiches, der Funktionswert $\cos 45^\circ$ für den Wert 45° des Definitionsbereiches usw.) als möglicher Wert des Korrekturwertes k_1 in der dafür vorgesehenen Tabelle abgelegt. Aus diesen 16 in der Tabelle abgelegten Funktionswerten wird dann der jeweilige Korrekturwert k_1 ausgewählt. Der andere Korrekturwert k_2 kann in entsprechender Weise z.B. durch Funktionswerte eine sin-Funktion repräsentiert sein.

Die Breite der Korrekturwerte ist so zu wählen, daß zumindest die Anzahl unterschiedlicher Funktionswerte repräsentiert werden kann, d.h. bei 16 unterschiedlichen Funktionswerten, aus denen ein Korrekturwert ausgewählt wird, beträgt dessen Breite mindestens 4 Bit. Bei 32 unterschiedlichen Funktionswerten betrüge die Breite der Korrekturwert mindestens 5 Bit usw. Die Breite der Korrekturwerte k_1 , k_2 bestimmt wiederum (insbesondere wenn die Wortbreite der Daten der beiden hiermit zu verknüpfenden digitalen Datenströme s_1 , s_2 nur 1 Bit beträgt) die Breite der Werte Ergebnisfolge d und somit indirekt auch der Adresswerte der Adressfolge a .

Die Arithmetikeinheit 5 kann beispielsweise wie folgt realisiert sein:

- Die Arithmetikeinheit 5 umfaßt zwei Multiplikationseinrichtungen 6, derart daß durch Multiplikation zwei Folgen $m1 = s1 * k1$ und $m2 = s2 * k2$, aus den digitalen Datenströmen $s1$, $s2$ und Korrekturwerten $k1$, $k2$ der Zuordnungseinheit 4 gebildet werden, wobei die Multiplikation mit den Korrekturwerten $k1$, $k2$ jeweils für die einzelnen Daten der Datenströme $s1$, $s2$ erfolgt. Anschließend wird in der Additions-/Subtraktionseinheit 7 fortlaufend die Differenz $m1 - m2$ der beiden Produktfolgen $m1$, $m2$ gebildet.
- Bei Bitbreite $m = 1$ der einzelnen Daten der digitalen Datenströme $s1$, $s2$ besteht die Multiplikation in der Multiplikationseinrichtung 6 darin, den Wert der Zuordnungseinheit 4 unbeeinflußt zu lassen, wenn $s1 = '1'$ bzw. $s2 = '1'$ und zu negieren, wenn $s1 = '0'$ bzw. $s2 = '0'$.
- Bei Bitbreite $m = 1$ der einzelnen Daten der digitalen Datenströme $s1$, $s2$ ergeben sich an den beiden Ausgängen der Sigma-Delta-Modulatoren 3, als Worte aufgefaßt, lediglich vier unterschiedliche Zustände, die unter Einbeziehung der Addition bzw. Subtraktion die Summen und Differenzen der Werte der Zuordnungseinheit 4 und deren Negierte bestimmen. Bei Ablage dieser Werte in der Zuordnungseinheit 4 können damit die Additions- bzw. Subtraktionseinheit und die Zuordnungseinheit 4 vereinfacht werden.

Der Integrierer 9 ist im einfachsten Fall ein Akkumulator. Die Verknüpfungseinheit 8 entfällt bei exakt sinusförmigem Verlauf der eingangsseitigen Analogsignale a_1 , a_2 und einer Phasenlage der Analogsignale von 90° zueinander, da das Gütekriterium $k_3 = 0$ (Phasenablage) wird. Bei anderen Signalverläufen sind Werte der Folge d mit dem Gütekriterium k_3 aus der Zuordnungseinheit 4 zu verknüpfen (Addition/Subtraktion). Der Integrierer 9 adressiert direkt die Zuordnungseinheit 4 (z.B. ROM) und nach abschließender Filterung 11 und Zuordnung 12 das Ausgangssignal der Interpolationseinrichtung 2 darstellt.

Im folgenden soll die Wirkung der Interpolationseinrichtung 2 näher beschrieben werden. Die Interpolationseinrichtung 2 wertet die beiden vom Positionsgeber 1 gelieferten, zueinander um 90° phasenverschobenen, sinusähnlichen Analogsignale a_1 und a_2 (Sinus- bzw. Kosinussignal) so aus, daß das Ausgangssignal w der Interpolationseinrichtung 2 die vom Positionsgeber 1 detektierte Wegänderung repräsentiert. Die vom Positionsgeber 1 gelieferten Analogsignale a_1 und a_2 werden in den zugehörigen Sigma-Delta-Modulatoren 3 in zwei m -Bit breite Wortfolgen s_1 , s_2 (digitale Datenströme) hoher Frequenz und geringer Wortbreite der Daten gewandelt. Die Amplitudeninformation der Analogsignale a_1 und a_2 sind am Ausgang dieser Sigma-Delta-Modulatoren 3 in der zeitlichen Verteilung der Daten der beiden digitalen Datenströme s_1 , s_2 enthalten. Die für jeden der beiden Datenströme s_1 , s_2 nachfolgende Multiplikationseinheit 6 bildet aus den Modulatorfolgen s_1 , s_2 und Korrekturwerten k_1 und k_2 aus der Zuordnungseinheit 4 die neuen Folgen m_1 und m_2 . Aus diesen Folgen m_1 , m_2 wird in der Additions- bzw. Sub-

traktionseinheit 7 die Ergebnisfolge d erzeugt und mit einem aus der Zuordnungseinheit 4 gewonnenen Gütekriterium verknüpft dem Integrierer 9 zugeführt.

Bei exakt sinusförmigen Verlauf der Eingangssignale a_1 und a_2 restauriert der Integrierer die Information $\beta = \alpha$ gemäß $\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) - \cos(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \sin(\alpha - \beta)$, wobei $\sin(\alpha)$ und $\cos(\alpha)$ die eingangsseitigen Analogsignale a_1 , a_2 und $\cos(\alpha)$ bzw. $\sin(\beta)$ die Korrekturwerte k_1 und k_2 der Zuordnungseinheit 4 repräsentieren und $\sin(\alpha - \beta)$ dem Phaseninkrement je Abtastung proportional ist.

Andere Umsetzungsfunktionen sind bei andersartigen Eingangssignalen wählbar, um z.B. Fehler des Positionsgebers zu korrigieren. Im Falle sinusförmiger Eingangssignale a_1 , a_2 wird $\sin(\alpha - \beta)$ zur Erreichung des Gütekriteriums minimiert. Mit anderen Worten ausgedrückt ist für $\alpha = \beta$ das Gütekriterium erfüllt. Ist β der Zählerwert (Adresswert der Zuordnungseinheit 4), dann wird, wenn $\sin(\alpha - \beta) = 0$, $\beta = \alpha$ und β entspricht damit der Phasenlage der Eingangssignale.

Zusammenfassend wird die Aufgabe, eine digitale Interpolation zur Erhöhung der Auflösung vorzugsweise inkrementaler Weg- oder Winkelmeßsysteme zu schaffen, vorliegend dadurch verwirklicht, daß zum einen die Vorteile der Sigma-Delta-Modulation bei der Umsetzung analoger Eingangssignale in digitale Datenströme genutzt werden. Das Verfahren der Sigma-Delta-A/D-Umsetzung wurde gewählt, weil der Anteil der analogen Schaltungskomponenten reduziert und im Digitalteil eine hohe Auflösung erreicht werden kann. Durch die Nutzung der geringbittigen Ausgangssignale der Sigma-Delta-Modulatoren als Eingangsinformation für eine Arithmetikeinheit werden arithmetische Operationen, wie z.B. die Multiplikati-

on, stark vereinfacht. Die Bildung nur eines zu bewertenden Kriteriums vereinfacht die digitale Auswerteschaltung (digitaler Filter) weiter und damit auch die Schaltungsintegration.

Die Eigenschaften des Verfahrens ermöglichen es, die nicht-lineare A/D-Umsetzung weitgehend in den digitalen Teil der Schaltung zu integrieren, so daß die Interpolationseinrichtung als integrierte Schaltung ausführbar ist. Die bei anderen Verfahren entstehenden Fehler durch nicht ideale analoge Bauelemente werden weitgehend vermieden.

Im einzelnen werden ein Interpolationsverfahren und eine Interpolationseinrichtung zur Signalunterteilung (Interpolation) zweier zueinander um 90° phasenverschobener, sinusförmiger Analogsignale (wahlweise Spannung oder Strom), insbesondere aus inkrementellen Positionsgebern zum Messen von Wegen und/oder Winkeln, vorgeschlagen, bei denen die Analogsignale jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation in einen Datenstrom geringer Bitbreite gewandelt werden, bei denen jedes Datum aus den so entstandenen Datenströmen multipliziert wird mit Werten aus einer Zuordnungseinheit, bei denen die Produktwerte der einen Folge mit den Produktwerten der anderen Folge addiert bzw. subtrahiert werden, bei denen die so erzeugte Ergebnisfolge akkumuliert wird und bei denen ein Teil des Akkumulationswertes eine Adressiereinheit so steuert, daß diese Adressiereinheit zum einen die Zuordnungseinheit adressiert und zum anderen über eine Zuordnungseinheit die Ausgangssignale gebildet werden.

Ein wichtiger Vorteil des vorbeschriebenen Verfahrens und der zugehörigen Interpolationseinrichtung besteht darin, daß Verfahrensschritte mit Nachführung und mit "Sigma-Delta-a-A/D-Umsetzung" miteinander verknüpft werden und dabei auf ein aufwendiges Netzwerk verzichtet wird sowie die Wandlung der Eingangsdaten in Positionswerte in einem Schritt mit ihrer digitalen Wandlung mittels Sigma-Delta-Modulation durchgeführt wird. Durch die Verknüpfung des Prinzips der Nachführung mit der einfachen Sigma-Delta-A/D-Umsetzung reduziert sich der analoge Teil der Interpolationseinrichtung auf ein Minimum und ihr digitaler Teil wird vereinfacht. Es ist möglich, die gesamte Interpolationseinrichtung als eine integrierte Schaltung mit leicht verfügbaren Technologien aufzubauen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer, zueinander phasenverschobener Analogsignale, die durch Abtastung einer Meßteilung erzeugt werden, bei dem

- die Analogsignale jeweils mittels eines Sigma-Delta-Modulators in einen digitalen Datenstrom umgewandelt werden,
- die Datenströme zur Erzeugung einer Ergebnisfolge mit Korrekturfaktoren sowie anschließend miteinander verknüpft werden und
- aus der Ergebnisfolge einerseits anhand eines bei der Interpolation zu erfüllenden Gütekriteriums neue Korrekturwerte und andererseits die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt werden,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Werte der Ergebnisfolge (d) zur Erzeugung der Korrekturwerte (k_1 , k_2) sowie der Ausgangssignale (w) über ein vorgebbares Zeitintervall akkumuliert werden und daß die durch Akkumulation erzeugte Signalfolge (a) unmittelbar als Adressfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte (k_1 , k_2) und zur Erzeugung des Ausgangssignales (w) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Werte der Ergebnisfolge (d) in einem Filter (9) akkumuliert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Filter (9) ein Integrierer verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch die Akkumulation eine Adressfolge (a) gebildet wird, deren Adresswerte die Phaseninformation der Analogsignale (a1, a2) repräsentieren.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus der Adressfolge (a) durch Tiefpaßfilterung und Zuordnung der Adresswerte die Ausgangssignale (w) der Interpolation erzeugt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adresswerte linear abhängig von der Phase der periodischen Analogsignale (a1, a2) sind, wenn das Gütekriterium erfüllt ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adresswerte der Adressfolge (a) einen Phasenwert mit fraktionalem Anteil repräsentieren.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung der Korrekturwerte (k_1 , k_2) der hochwertige Teil der Adressfolge (a) verwendet wird, der einem ganzzahligen Anteil der Adresswerte entspricht.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung der Ausgangssignale (w) der Interpolation der hochwertige Teil und der niederwertige Teil der Adressfolge (a) verwendet werden, wobei letzterer dem fraktionalen Anteil der Adresswerte entspricht.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der Ausgangssignale (w) der Interpolation rekursiv erfolgt, in dem anhand des Gütekriteriums solange neue Korrekturwerte (k_1 , k_2) erzeugt und mit den Datenströmen (s_1 , s_2) verknüpft werden, bis das Gütekriterium erfüllt ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die möglichen Korrekturwerte (k_1 , k_2) als vorgegebene Werte in einer Zuordnungseinheit (4) abgelegt sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die jeweils mit den Daten der digitalen Datenströme (s_1 , s_2) zu verknüpfenden Korrekturwerte (k_1 , k_2) anhand des Gütekriteriums in Abhängigkeit von den Adresswerten der Adressfolge (a) ausgewählt werden.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Korrekturwerte (k_1 , k_2) als Werte einer trigonometrischen Funktion definiert sind.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mindestens zwei Analogsignale (a_1 , a_2) um 90° zueinander phasenverschoben sind.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Analogsignale (a_1 , a_2) im wesentlichen sinusförmig sind.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einzelnen Daten der Datenströme (s_1 , s_2) jeweils multiplikativ mit einem Korrekturfaktor (k_1 , k_2) verknüpft werden und daß die Daten unterschiedlicher Datenströme anschließend durch Addition oder Subtraktion miteinander verknüpft werden.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Daten der digitalen Datenströme (s_1 , s_2) jeweils eine Wortbreite von einem Bit aufweisen.
18. Verfahren nach Anspruch 16 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Verknüpfung zweier Daten der digitalen Datenströme (s_1 , s_2) mit Korrekturfaktoren (k_1 , k_2) und miteinander reduziert ist zu einer additiven oder subtraktiven Verknüpfung zweier Korrekturwerte.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Verknüpfung zusammengefaßt ist zu einer von vier Möglichkeiten der Verknüpfung der Korrekturwerte (k_1 , k_2) durch Addition oder Subtraktion.
20. Einrichtung zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer, zueinander phasenverschobener Analogsignale, die durch Abtastung einer Meßteilung erzeugt wurden, mit
- einem Sigma-Delta-Modulator zur Umwandlung der Analogsignale in jeweils einen digitalen Datenstrom,
 - einer Arithmetikeinheit zur Erzeugung einer Ergebnisfolge durch Verknüpfung der Datenströme mit Korrekturfaktoren sowie anschließender Verknüpfung der Datenströme miteinander und

- Mitteln, mit denen aus der Ergebnisfolge einerseits anhand eines bei der Interpolation zu erfüllenden Gütekriteriums neuer Korrekturwerte und andererseits die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt werden,

gekennzeichnet durch

einen Filter (9) zur Akkumulation der Werte der Ergebnisfolge (d) über ein vorgebbares Zeitintervall zur Erzeugung einer Adressfolge (a), der einerseits die Arithmetikeinheit (5) so steuert, daß die Ergebnisfolge (d) zur Erfüllung eines Gütekriteriums geführt wird, und dem andererseits eine die Adresswerte der Adressfolge (a) in die Ausgangswerte (w) der Interpolation umsetzende Auswerteschaltung (10) nachgeschaltet ist.

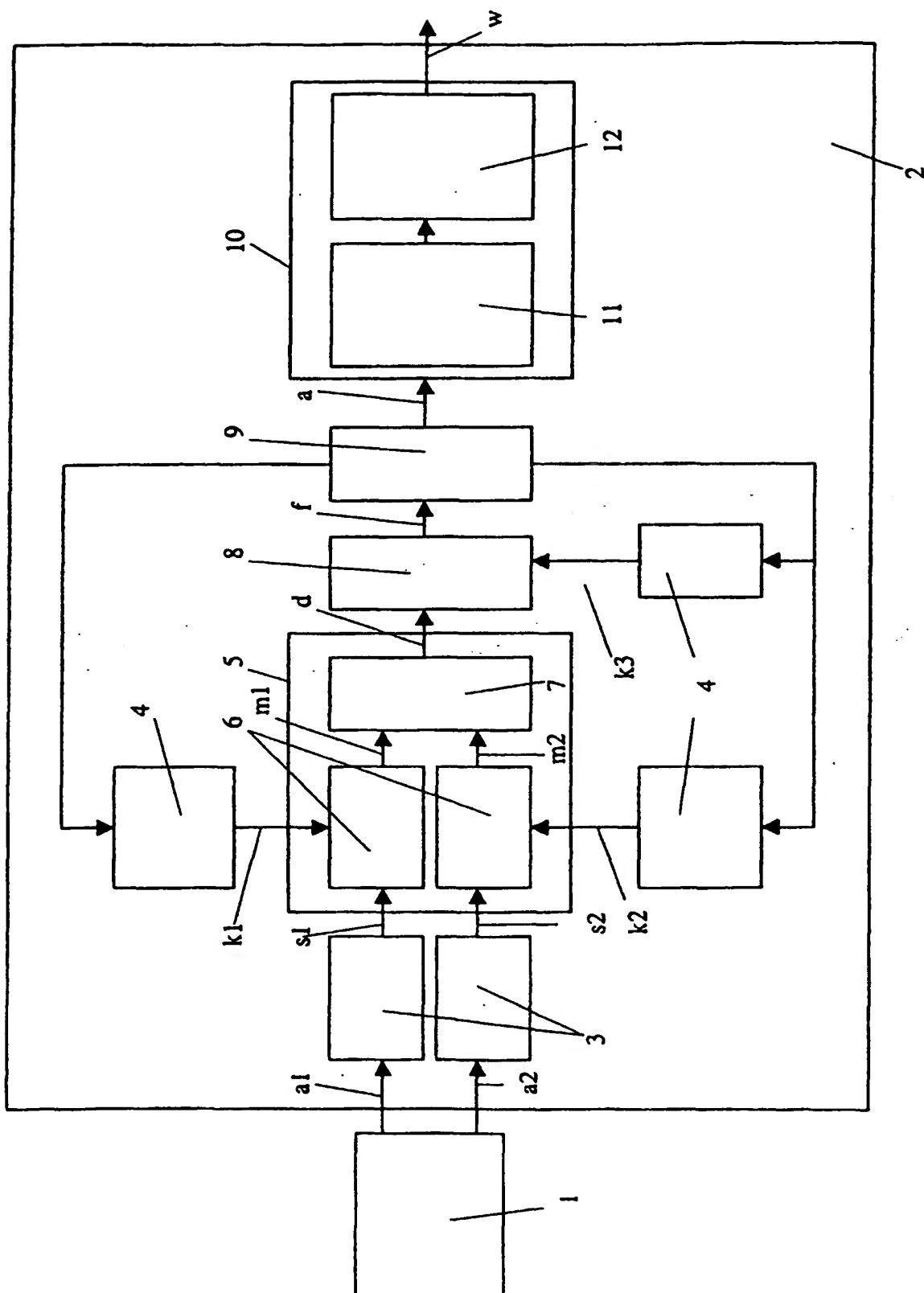


Figure 1

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



12 JUL 2004

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Juli 2003 (17.07.2003)

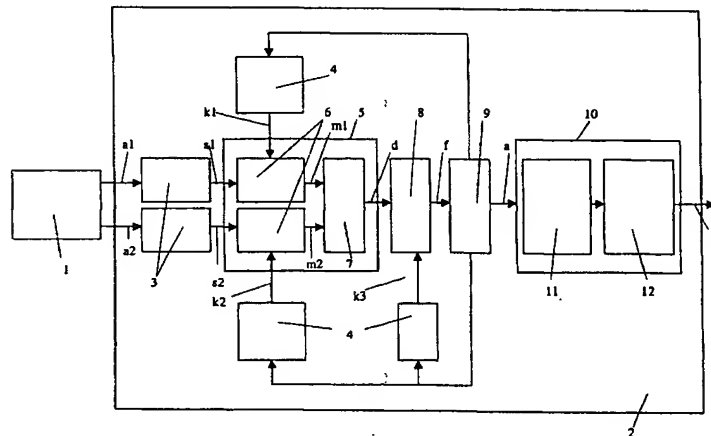
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2003/058820 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H03M 1/30**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2002/013702**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
4. Dezember 2002 (04.12.2002)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:
102 01 249.0 11. Januar 2002 (11.01.2002) **DE**
102 08 915.9 27. Februar 2002 (27.02.2002) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH** [DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WOYZICHOVSKI, Roman** [DE/DE]; Am Wiesenbach 2, 07751 Kunitz (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).**
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: **8. Januar 2004**
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **METHOD FOR INTERPOLATING AT LEAST TWO POSITION-DEPENDENT, PERIODIC ANALOG SIGNALS THAT ARE DEPHASED RELATIVE EACH OTHER**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR INTERPOLATION MINDESTENS ZWEIER POSITIONSABHÄNGIGER, PERIODISCHER, ZUEINANDER PHASENVERSCHOBENER ANALOGSIGNALS**



(57) Abstract: The invention relates to a method for interpolating, for the purpose of hodomerty and/or goniometry, at least two position-dependent, periodic analog signals that are dephased relative each other and that are generated by scanning a measuring scale. According to the inventive method, the analog signals are converted to a digital data stream by means of a sigma-delta modulator, the data streams are interlinked with correctional factors and then with each other to generate a string of results and said string of results is used to generate new correctional values by means of a quality criterion to be fulfilled for interpolation and to also generate the output signals of interpolation. The values (d) of the string of results are accumulated over a defined time interval in order to generate the correctional values (k1, k2) and the output signals (w). The signal sequence generated by accumulation is used directly as the address sequence for generating the correctional values (k1, k2) and the output signal (b).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2003/058820 A3



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Interpolation mindestens zweier positionsabhängiger, periodischer, zueinander phasenverschobener Analogsignale, die durch Abtastung einer Messteilung erzeugt werden, zur Weg- und/oder Winkelmessung, bei dem die Analogsignale jeweils mittels eines Sigma-Delta-Modulators in einen digitalen Datenstrom umgewandelt werden, die Datenströme zur Erzeugung einer Ergebnisfolge mit Korrekturfaktoren sowie anschliessend miteinander verknüpft werden und aus der Ergebnisfolge einerseits anhand eines bei der Interpolation zu erfüllenden Gütekriteriums neue Korrekturwerte und andererseits die Ausgangssignale der Interpolation erzeugt werden. Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass die Werte (d) der Ergebnisfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte (k1, k2) sowie der Ausgangssignale (w) über ein vorgebbares Zeitintervall akkumuliert werden und dass die durch Akkumulation erzeugte Signalfolge unmittelbar als Adressfolge zur Erzeugung der Korrekturwerte (k1, k2) und des Ausgangssignales (b) verwendet wird.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/13702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03M1/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03M G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 38 802 A (MAZET MIKROELEKTRONIK ANWENDUN) 22 February 2001 (2001-02-22) cited in the application	1-7, 10-20
Y	figure 1	8,9
Y	EP 0 875 735 A (MITUTOYO CORP) 4 November 1998 (1998-11-04) figure 1	8,9
X	DE 198 22 843 A (SMART ELECTRONIC DEV GMBH) 25 November 1999 (1999-11-25) figure 1	1,4-7, 10-20
X	DE 100 25 160 A (LUST ANTRIEBSTECHNIK GMBH) 6 December 2001 (2001-12-06) column 2, line 47 - line 49; figure 1 paragraph '0022!	2,3
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October 2003

Date of mailing of the international search report

23/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Müller, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/13702

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 34 478 A (GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK) 8 February 2001 (2001-02-08) figure 1 ---	1, 4-6, 10-20
Y	EP 0 484 576 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 13 May 1992 (1992-05-13) figure 1 ---	1-20
Y	EP 0 997 701 A (PHILIPS CORP INTELLECTUAL PTY ;KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV (NL)) 3 May 2000 (2000-05-03) figure 1 ---	1-20
A	DE 195 02 276 A (GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK) 1 August 1996 (1996-08-01) figure 1 ---	1-20
A	EP 0 874 223 A (FANUC LTD) 28 October 1998 (1998-10-28) figure 10 ---	1-20
A	US 5 220 275 A (HOLMQVIST BO P) 15 June 1993 (1993-06-15) figure 2 ---	1-20
A	EP 0 669 517 A (CANON KK) 30 August 1995 (1995-08-30) figure 7 ---	1-20
A	US 5 677 686 A (AOKI YUKIO ET AL) 14 October 1997 (1997-10-14) figure 7 ---	1-20
A	EP 0 599 175 A (SONY MAGNESCALE INC) 1 June 1994 (1994-06-01) figure 1 -----	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/13702

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19938802	A	22-02-2001	DE 19938802 A1	22-02-2001
EP 0875735	A	04-11-1998	JP 3220411 B2	22-10-2001
			JP 10300517 A	13-11-1998
			CN 1202765 A	23-12-1998
			EP 0875735 A1	04-11-1998
			US 5999113 A	07-12-1999
DE 19822843	A	25-11-1999	DE 19822843 A1	25-11-1999
DE 10025160	A	06-12-2001	DE 10025160 A1	06-12-2001
DE 19934478	A	08-02-2001	DE 19934478 A1	08-02-2001
EP 0484576	A	13-05-1992	EP 0484576 A1	13-05-1992
			AT 152533 T	15-05-1997
			DE 4100666 A1	14-05-1992
			DE 59010711 D1	05-06-1997
EP 0997701	A	03-05-2000	DE 19849910 A1	04-05-2000
			EP 0997701 A2	03-05-2000
			JP 2000131013 A	12-05-2000
			US 6534969 B1	18-03-2003
DE 19502276	A	01-08-1996	DE 19502276 A1	01-08-1996
EP 0874223	A	28-10-1998	EP 0874223 A1	28-10-1998
			US 6188341 B1	13-02-2001
			WO 9821553 A1	22-05-1998
US 5220275	A	15-06-1993	JP 3197955 B2	13-08-2001
			JP 6222092 A	12-08-1994
			SE 519816 C2	15-04-2003
			SE 9202222 A	27-01-1993
EP 0669517	A	30-08-1995	JP 7229757 A	29-08-1995
			EP 0669517 A2	30-08-1995
			US 5625310 A	29-04-1997
US 5677686	A	14-10-1997	JP 7218288 A	18-08-1995
			CN 1117577 A ,B	28-02-1996
			DE 19502399 A1	19-10-1995
			GB 2286679 A ,B	23-08-1995
			HK 1011723 A1	28-04-2000
			KR 169550 B1	01-05-1999
EP 0599175	A	01-06-1994	JP 6167354 A	14-06-1994
			DE 69316845 D1	12-03-1998
			DE 69316845 T2	20-05-1998
			EP 0599175 A1	01-06-1994
			US 5485407 A	16-01-1996

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03M1/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03M G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 38 802 A (MAZET MIKROELEKTRONIK ANWENDUN) 22. Februar 2001 (2001-02-22) in der Anmeldung erwähnt	1-7, 10-20
Y	Abbildung 1	8,9
Y	EP 0 875 735 A (MITUTOYO CORP) 4. November 1998 (1998-11-04) Abbildung 1	8,9
X	DE 198 22 843 A (SMART ELECTRONIC DEV GMBH) 25. November 1999 (1999-11-25) Abbildung 1	1,4-7, 10-20
X	DE 100 25 160 A (LUST ANTRIEBSTECHNIK GMBH) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) Spalte 2, Zeile 47 - Zeile 49; Abbildung 1 Absatz '0022!	2,3
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Müller, U

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 34 478 A (GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK) 8. Februar 2001 (2001-02-08) Abbildung 1 ---	1,4-6, 10-20
Y	EP 0 484 576 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 13. Mai 1992 (1992-05-13) Abbildung 1 ---	1-20
Y	EP 0 997 701 A (PHILIPS CORP INTELLECTUAL PTY ;KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV (NL)) 3. Mai 2000 (2000-05-03) Abbildung 1 ---	1-20
A	DE 195 02 276 A (GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK) 1. August 1996 (1996-08-01) Abbildung 1 ---	1-20
A	EP 0 874 223 A (FANUC LTD) 28. Oktober 1998 (1998-10-28) Abbildung 10 ---	1-20
A	US 5 220 275 A (HOLMQVIST BO P) 15. Juni 1993 (1993-06-15) Abbildung 2 ---	1-20
A	EP 0 669 517 A (CANON KK) 30. August 1995 (1995-08-30) Abbildung 7 ---	1-20
A	US 5 677 686 A (AOKI YUKIO ET AL) 14. Oktober 1997 (1997-10-14) Abbildung 7 ---	1-20
A	EP 0 599 175 A (SONY MAGNESCALE INC) 1. Juni 1994 (1994-06-01) Abbildung 1 -----	1-20

INTERNATIONALER RECHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 02/13702

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19938802	A	22-02-2001	DE	19938802 A1	22-02-2001
EP 0875735	A	04-11-1998	JP	3220411 B2	22-10-2001
			JP	10300517 A	13-11-1998
			CN	1202765 A	23-12-1998
			EP	0875735 A1	04-11-1998
			US	5999113 A	07-12-1999
DE 19822843	A	25-11-1999	DE	19822843 A1	25-11-1999
DE 10025160	A	06-12-2001	DE	10025160 A1	06-12-2001
DE 19934478	A	08-02-2001	DE	19934478 A1	08-02-2001
EP 0484576	A	13-05-1992	EP	0484576 A1	13-05-1992
			AT	152533 T	15-05-1997
			DE	4100666 A1	14-05-1992
			DE	59010711 D1	05-06-1997
EP 0997701	A	03-05-2000	DE	19849910 A1	04-05-2000
			EP	0997701 A2	03-05-2000
			JP	2000131013 A	12-05-2000
			US	6534969 B1	18-03-2003
DE 19502276	A	01-08-1996	DE	19502276 A1	01-08-1996
EP 0874223	A	28-10-1998	EP	0874223 A1	28-10-1998
			US	6188341 B1	13-02-2001
			WO	9821553 A1	22-05-1998
US 5220275	A	15-06-1993	JP	3197955 B2	13-08-2001
			JP	6222092 A	12-08-1994
			SE	519816 C2	15-04-2003
			SE	9202222 A	27-01-1993
EP 0669517	A	30-08-1995	JP	7229757 A	29-08-1995
			EP	0669517 A2	30-08-1995
			US	5625310 A	29-04-1997
US 5677686	A	14-10-1997	JP	7218288 A	18-08-1995
			CN	1117577 A ,B	28-02-1996
			DE	19502399 A1	19-10-1995
			GB	2286679 A ,B	23-08-1995
			HK	1011723 A1	28-04-2000
			KR	169550 B1	01-05-1999
EP 0599175	A	01-06-1994	JP	6167354 A	14-06-1994
			DE	69316845 D1	12-03-1998
			DE	69316845 T2	20-05-1998
			EP	0599175 A1	01-06-1994
			US	5485407 A	16-01-1996